



日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2001年 3月22日

出 願 番 号

Application Number:

特願2001-083562

[ST.10/C]:

[JP2001-083562]

出 願 人

Applicant(s):

石川島播磨重工業株式会社
株式会社ニコン

2002年 3月 8日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

及 川 耕 造

出証番号 出証特2002-3014173

【書類名】 特許願

【整理番号】 00NKP067

【提出日】 平成13年 3月22日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G02B 13/08

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン
内

 【氏名】 杉山 喜和

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島播磨重工業
株式会社東京エンジニアリングセンター内

 【氏名】 正木 みゆき

【発明者】

 【住所又は居所】 東京都江東区豊洲三丁目1番15号 石川島播磨重工業
株式会社東京エンジニアリングセンター内

 【氏名】 八木 武人

【特許出願人】

 【持分】 001/002

 【識別番号】 000000099

 【氏名又は名称】 石川島播磨重工業株式会社

【特許出願人】

 【持分】 001/002

 【識別番号】 000004112

 【氏名又は名称】 株式会社ニコン

【代理人】

 【識別番号】 100077919

 【弁理士】

 【氏名又は名称】 井上 義雄

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 047050

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9702956

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 照明光学系及びこれを備えるレーザー処理装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザー光源からの照射ビームを、第 1 の方向に対して複数の照射ビームに分割し、所定面上で重ね合わせるプリズム部材と、

少なくとも前記第 1 の方向に略直交する第 2 の方向に屈折力を有し、前記分割された複数の照射ビームを前記第 1 の方向に長手方向を有する線状ビームに結像する線状ビーム形成レンズ系と、

前記線状ビームを前記第 1 の方向に拡大して被処理面上に照射する拡大光学系とを有することを特徴とする照明光学系。

【請求項 2】 前記プリズム部材は台形型プリズムであり、

該台形型プリズムにより分割された前記複数の照射ビームが重ね合わされる前記所定面の位置と、前記線状ビーム形成レンズ系の前記第 2 の方向の焦点位置とが略一致していることを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 3】 前記拡大光学系は、光軸に対して回転対称な光学系であることを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 4】 前記線状ビーム形成レンズ系は、前記第 2 の方向に正の屈折力を有する第 1 シリンドリカルレンズであることを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 5】 前記拡大光学系は、前記被処理面側に、前記第 2 の方向に正の屈折力を有する第 2 シリンドリカルレンズを有することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 6】 前記第 1 シリンドリカルレンズと前記第 2 シリンドリカルレンズとの少なくとも 1 つは前記光軸に沿って移動可能であることを特徴とする請求項 5 に記載の照明光学系。

【請求項 7】 前記レーザー光源からの照射ビーム径を、前記第 2 の方向よりも前記第 1 の方向に大きく拡大するビームエクスペンダ系をさらに有することを特徴とする請求項 1 に記載の照明光学系。

【請求項 8】

レーザー光を供給するレーザー光源と、
請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の照明光学系と、
前記被処理面上の線状ビームと前記被処理面とを相対的に移動する走査移動部
とを有することをレーザー処理装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、ガラス基板等のアニール処理に好適な照明光学系及びこの光学系を
備えるレーザー処理装置に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来、非晶質珪素膜に対してレーザー光を照射することで結晶化する技術が知
られている。また、不純物イオンの注入によって損傷した珪素膜の結晶性の回復
や注入された不純物イオンの活性化のためにレーザー光を照射する技術が知られ
ている。これらは、レーザーアニール技術と呼ばれている。

【 0 0 0 3 】

レーザーアニール法によるプロセスでは、基板に対する熱ダメージが殆ど無い
という特徴を有している。この基板に対する熱ダメージの問題が無いという特徴
は、たとえば、ガラスなどの耐熱性の低い基板上に半導体素子を形成する際に有
利である。

【 0 0 0 4 】

近年、液晶表示素子、特に大型の動画用液晶表示素子では、コストの問題及び
大面積化の要求から基板としてガラス基板を利用することが望まれている。この
ため、レーザーアニール法を用いれば、基板として耐熱性の低いガラスを使用し
た場合でも、ガラス基板への熱ダメージはほとんど無い。従って、ガラス基板を
用いても結晶性珪素膜を用いた薄膜トランジスタ等の半導体素子を作成すること
ができる。よって、レーザーアニール法は、ガラス基板上に半導体回路を作る技
術要素として将来期待されている。

【 0 0 0 5 】

【発明が解決しようとする課題】

半導体回路等が形成されるガラス基板は比較的大きな面積を持つものが多い。これに対して、レーザー光は光源から射出された直後の状態では、ビーム照射面積が小さい。このため、ビーム形状を方形状や線状に加工して、所定領域を走査することが行われている。例えば、線状のビームをその長手方向とは垂直に移動させ、ガラス基板上を走査させる。これにより、比較的に短時間にガラス基板全体にアニールを行う事が可能となる。

【0006】

このようなレーザーアニールに用いる線状ビームを作る光学系が、例えば、特開平10-244392号公報に開示されている。特開平10-244392号公報では、ホモジナイザーと称される光学系を用いてレーザービームを線状のビームに変換している。ホモジナイザーには、非常に高い均一性を有する照度及び形状の線状ビームを作る事が要求される。該公報では、複数のシリンドリカルレンズからなる多シリンドリカルレンズ系がホモジナイザーとして用いられている。そして、ホモジナイザーがビーム照度の均一性において中心的な役割をする。

【0007】

多シリンドリカルレンズ系は、短冊状の各シリンドリカルレンズを、その屈折力を有する方向に沿って一列に並べたレンズ系である。通常の均一照明の際に用いられるフライアイレンズと同様に、多シリンドリカルレンズ系に入射した光束は各シリンドリカルレンズで分割され、線状に集光される。この結果、シリンドリカルレンズの数と等しい数の線状像が形成される。この線状像が新たな複数の2次線光源となり、レンズ（他のシリンドリカルレンズ）を通して試料を照明する。試料の被照射面では複数の2次線光源からの光が重なりあって平均化される。これにより、多シリンドリカルレンズ系が配列された方向（屈折力を有する方向）の照度分布が均一になる。

【0008】

また、特開平10-244392号公報では、線状ビームの長手方向だけでなく、その幅方向に関しても照度を均一にするため、多シリンドリカルレンズ系を

二つ用いている。

【 0 0 0 9 】

しかしながら、上記公報に開示されたようにシリンドリカルレンズを多用することは以下に述べる問題がある。シリンドリカルレンズは、通常の球面レンズに比較して加工が困難であり、かつ製造コストも増加する。また、形状加工の精度も通常の球面レンズに比較して非常に低い。そのため、実際の装置の製造を考慮すると、シリンドリカルレンズを多用する光学系は、製造コストが増加することに加え、加工精度の点から高い要求性能を満足できないおそれがある。

【 0 0 1 0 】

また、上述したように大型の液晶ディスプレイの需要が増えていることに伴い、走査領域面積が大型化している。このため、線状ビームの長さはより長いものが要求されるようになっている。ここで、ビーム線幅一定のまま、ビームの長手方向の長さを長くすると、照射面積が大きくなってしまう。従って、単位面積当たりのエネルギー密度が小さくなる。この結果、試料にビームを照射した時、アニールに必要な温度まで加熱する事が困難になってしまう。そこで、試料照射時のエネルギー密度を上げるため、ビームの長手方向の長さを長くするだけでなく、そのビーム線幅をも細くする事が必要になる。

【 0 0 1 1 】

さらに、細い線幅のビームが必要とされる他の理由を以下に述べる。従来、レーザー光源として出力パワーの大きいエキシマレーザーを使用することが多い。しかし、エキシマレーザーは、高価で装置自体が大型である。このため、より安価で、小型、かつ取扱いも容易な Y A G レーザーを光源として使用することが望まれている。この Y A G レーザーは、エキシマレーザーに比べると出力エネルギーが低い。このため、被照射面のエネルギー密度を増加するためには、より細い線幅のビームで集光させる必要がある。よって、ビームの長手方向の長さを長くするだけでなく、そのビーム線幅をも細くする事が必要になる。

【 0 0 1 2 】

上述のように、細い線幅の線状ビームの必要性に伴い、これを達成するため線状ビームの長手方向に高い結像性能を有する光学系が必要となる。このような結

像性能の要求の立場からも、上述の特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報に開示された光学系では十分な仕様ではない。

【 0 0 1 3 】

特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報では、上述したように短冊状のシリンドリカルレンズを複数有する多シリンドリカルレンズ系を二つ使用している。そして、多シリンドリカルレンズ系に続く一般にコンデンサーレンズと呼ばれる光学系も多シリンドリカルレンズ系から構成されている。

【 0 0 1 4 】

このように、シリンドリカルレンズ群で光学系を構成し、ビーム長手方向と短手方向とを各々異なるパワー配置で光学系を構成する事は、長方形（線状）のビームを作る際は、設計者にとって直感的に理解しやすく、有効な設計方法であると考えられる。

【 0 0 1 5 】

しかし、パワーの方向の異なるシリンドリカルレンズを組み合わせた光学系に、平行光束が入射すると各シリンドリカルレンズのパワーの方向と異なる方向に進む光線が現われる。この光線の収差は単に直交するパワーを組み合わせた光学系では容易に補正できない。従って、実際に光学系の収差を高いレベルで補正することを目的とする場合は、この設計方法は好ましくない。

【 0 0 1 6 】

例えば、単純に円形の断面を有する平行光束を仮定する。次に、負（凹）のパワーを持つ第 1 シリンドリカルレンズと、この第 1 シリンドリカルレンズの後ろ（像側）に第 1 シリンドリカルレンズのパワーの方向と直交する方向に正（凸）のパワーを持つ第 2 シリンドリカルレンズを配置する。そして、上記平行光束を、第 1 と第 2 シリンドリカルレンズへ入射させて、線状に集光する場合を考える。

【 0 0 1 7 】

この場合、初めの負パワーを持つ第 1 シリンドリカルレンズにより、光束は一方方向にだけ発散する。また、次の正パワーを持つ第 2 シリンドリカルレンズにより、この発散光は、発散方向に垂直な方向に集光される。ここで、負の第 1 シリ

ンドリカルレンズを射出した発散光のうち発散中心部の光は、正の第2シリンドリカルに入射するとき、第2シリンドリカルレンズの母線に対して垂直に入射する。一方、第1シリンドリカルレンズを射出した発散光のうち発散方向周辺部の光は、第2シリンドリカルレンズの母線に対して斜めに入射する。

【 0 0 1 8 】

その結果、負の第1シリンドリカルレンズを射出した発散光の発散方向中心部の光と周辺部の光とでは正の第2シリンドリカルレンズに入射した後の光の集光位置が異なる。この結果、線状に結像する際、線状像中心部と周辺部とでは線幅が異なることになる。そのため、シリンドリカルレンズから成る光学系ではこのようなシリンドリカルレンズ特有の収差を補正する必要がある。

【 0 0 1 9 】

上述のシリンドリカルレンズ特有の収差に対して、一般の光学設計者は不慣れである。上記光線の振舞いは、単にビーム短手（短軸）方向を含む面と長手（長軸）方向を含む面だけでは表わす事ができない。直交するパワーを持つシリンドリカルレンズの組み合わせのみで、シリンドリカルレンズに特有な上記収差を補正する事は極めて困難である。また、仮に、該収差が補正されたとしても、非常に多くのシリンドリカルレンズが必要とされる事が予想される。

【 0 0 2 0 】

以上説明したように、より細い線幅の線状ビームを加工する場合、光学設計の手法の立場からも直交するシリンドリカルレンズを多用する光学系は望ましくない。

【 0 0 2 1 】

また、特開平10-244392号公報に開示された光学系では、ビーム短手方向の照度均一性を確保する構成になっている。しかし、この構成も細い線幅の線状ビームを加工する事を考えると以下の理由により望ましくない。

【 0 0 2 2 】

まず、線幅方向の照度均一性の必要性について説明する。線幅方向の照度均一性を高めることは、線状ビームの走査速度を高速化する場合に有効である。線状ビームの走査方向の線幅が広い場合は、線状ビームの走査速度を速くしても、基

板試料上の単位面積を線状ビームが通過するのべ時間は長くなる。従って、基板試料上の線状ビーム照射時間は、結晶化等の反応に十分なものとなる。このため、線状ビーム線幅が広いほど走査速度を上げることができるので、アニール工程の時間を短縮できる。

【 0 0 2 3 】

ところが、線状ビームの照度均一性が低い場合は、ビーム幅の周辺部でエネルギーが低くなってしまう。このため、線状ビームを走査したとき、線状ビームの周辺部ではアニールの反応が起きない場合がある。この場合は、細い線幅の線状ビームを走査するのと等価となるので、走査速度を上げられなくなってしまう。

【 0 0 2 4 】

上述したように、近年、より大きな面積の液晶表示素子（ディスプレイ）が求められるようになってきている。従って、液晶表示素子の製造工程のスピード化を図り、より広い面積の基板を加工する技術が望まれている。また、上述したように、線状ビームの線幅を細くするためには、高度に収差補正をすることが望ましい。さらに、高度に収差補正された線幅の細い線状ビームを加工することと、線状ビームの短手（線幅）方向に高い照度均一性を得ることとを両立する事は非常に困難である。従って、線状ビームの長手方向には照度均一性を高くすること、及び線状ビームの短手方向には線幅を細くすることに関する光学性能だけに特化した光学系が望まれる。かかる観点からも、特開平 1 0 - 2 4 4 3 9 2 号公報に開示された光学系は十分であるとは言えない。

【 0 0 2 5 】

また、非常に広範囲を走査してレーザー光を照射する光学系では、照射側の光学系の開口数（NA）を大きくすることは困難である。このため、回折の影響が生じ、幾何光学的な考察だけでは、線状像の照度均一性を十分に解析できない。さらに、上述した光学系では、線状ビームの短手方向の照度均一性を向上させるために、多シリンドリカルレンズ系を用いている。該レンズ系の機能は、既に説明したように、光源からのビームを線幅方向に分割し、その分割したビームの作る線状像を被照射面で重ね合わせるものである。そのため、被照射面での線状像の線幅が細くなると、線状像の重ね合わせ精度は線状像幅より小さくする必要が

ある。即ち、要求される線幅が細くなるに従って、線状像の重ね合わせ精度も厳しくなる。よって、レーザー処理装置の製造を考慮に入れると、被照射面での線状像の照度分布の均一性を多少犠牲にしても、ビームの分割数を減らした方が望ましい。その際、アニール加工の速度を多少低下させれば、線状像の線幅方向の照度均一性を低下できるため、ビームの分割数も減らす事ができ、より装置製造の立場からは望ましくなる。

【 0 0 2 6 】

本発明は上記問題に鑑みてなされたものであり、優れた結像性能を有し、照度均一性が良く、細い線幅の大きなアスペクト比の線状ビームを照射できる照明光学系及び低コストで、製造容易、大面積を高速に処理できるレーザー処理装置を提供することを目的とする。

【 0 0 2 7 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明は、レーザー光源 1 からの照射ビームを、第 1 の方向（x 方向）に対して複数の照射ビームに分割し、所定面 I 1 上で重ね合わせるプリズム部材 3 と、

少なくとも前記第 1 の方向（x 方向）に略直交する第 2 の方向（y 方向）に屈折力を有し、前記分割された複数の照射ビームを前記第 1 の方向（x 方向）に長手方向を有する線状ビームに結像する線状ビーム形成レンズ系 4 と、

前記線状ビームを前記第 1 の方向（x 方向）に拡大して被処理面 I 2 上に照射する拡大光学系 5 とを有することを特徴とする照明光学系を提供する。

【 0 0 2 8 】

また、本発明の好ましい態様では、前記プリズム部材 3 は台形型プリズム 3 であり、

該台形型プリズム 3 により分割された前記複数の照射ビームが重ね合わされる前記所定面 I 1 の位置と、前記線状ビーム形成レンズ系 4 の前記第 2 の方向（y 方向）の焦点位置 I 1、I 1 2 とが略一致していることが望ましい。

【 0 0 2 9 】

また、本発明の好ましい態様では、前記拡大光学系 5 は、光軸 A X に対して

回転対称な光学系であることが望ましい。

【 0 0 3 0 】

また、本発明の好ましい態様では、前記線状ビーム形成レンズ系 4 は、前記第 2 の方向（ y 方向）に正の屈折力を有する第 1 シリンドリカルレンズ 4 であることが望ましい。

【 0 0 3 1 】

また、本発明の好ましい態様では、前記拡大光学系 5 は、前記被処理面 I 2 側に、前記第 2 の方向（ y 方向）に正の屈折力を有する第 2 シリンドリカルレンズ 7 を有することが望ましい。

【 0 0 3 2 】

また、本発明の好ましい態様では、前記第 1 シリンドリカルレンズ 4 と前記第 2 シリンドリカルレンズ 7 との少なくとも 1 つは前記光軸 $A X$ に沿って移動可能であることが望ましい。

【 0 0 3 3 】

また、本発明の好ましい態様では、前記レーザー光源 1 からの照射ビーム径を、前記第 2 の方向（ y 方向）よりも前記第 1 の方向（ x 方向）に大きく拡大するビームエクspанда系 2 をさらに有することが望ましい。

【 0 0 3 4 】

また、本発明は、レーザー光を供給するレーザー光源 1 と、
請求項 1 乃至 7 の何れか一項に記載の照明光学系と、
前記被処理面 I 2 上の線状ビームと前記被処理面 I 2 とを相対的に移動する走査移動部 6 とを有するレーザ処理装置を提供する。

【 0 0 3 5 】

なお、本発明の構成を説明する上記課題を解決するための手段の項では、本発明を分かり易くするために発明の実施の形態の図を用いたが、これにより本発明が実施の形態に限定されるものではない。

【 0 0 3 6 】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面に基づいて実施の形態を説明をする。

(第 1 実施形態)

図 1 (a), (b) は第 1 実施形態にかかるレーザー処理装置の概略構成を示す図である。YAG レーザー 1 から射出した断面がほぼ円形のレーザービームは、ビームエクスパンダ 2 により断面が楕円形状のコリメート光に変換される。このとき、楕円の長軸が x 方向、短軸が y 方向である。ビームエクスパンダ 2 の構成及びビームの断面形状変換に関しては後述する。

【 0 0 3 7 】

次に、このビームは台形型のプリズム 3 に入射し、3 分割され、それぞれ異なる方向に射出する。このとき、ビームの分割方向は楕円ビームの長軸方向 (x 方向) に一致させる。3 分割されたビームはシリンドリカルレンズ 4 に入射する。シリンドリカルレンズ 4 は、x 方向に直交する y 方向に正の屈折力を有している。ここで、台形型プリズム 3 の形状と位置とは、3 分割されたビームがそれぞれ中間像面 I 1 上で重なりあうように決めておく。また、シリンドリカルレンズ 4 の焦点位置も中間像面 I 1 上に一致させておく。これにより、シリンドリカルレンズ 4 を射出したビームは、それぞれ中間像面 I 1 上で線状に集光しながら、相互に重なり合い線状像を形成する。

【 0 0 3 8 】

中間像面 I 1 に形成された線状像は、分割された 3 つの線状像の平均化の効果により、光源 1 から射出された直後のビーム L (以下、「原ビーム」という。) を直接集光する場合に比較して照度の均一性が高い像となる。そして、中間像面 I 1 の線状像を拡大光学系 5 によりガラス基板上の被照射面 I 2 に拡大投影する。これにより、被照射面 I 2 に照度均一性の良い線状像を形成する。また、中間像面 I 1 に開口を設けると、フレアーや台形型プリズムでの回折の影響を除く事ができるので望ましい。

【 0 0 3 9 】

次に、中間像面 I 1 の線状像の照度均一性について、具体的にかつ定量的に説明する。

【 0 0 4 0 】

まず、原ビームを理想的なシリンドリカルレンズで線状に集光したとき光の強

度分布を図3 (a) ~ (e) に基づいて説明する。図3 (a) は、光軸AX方向 (z 方向) から見た原ビームを通過させる開口APの断面形状を示す図である。開口APは、直径 ϕ の円形断面を有している。図3 (b) は、開口APを通過した原ビームを線状に集光したときの照度分布を示す図である。図3 (b) に示す照度分布は、ビーム開口AP上の照度分布を通常のレーザーのようにガウス分布であると仮定し、次式から算出される。

【0041】

$$I(x) \propto \int_0^{\sqrt{1-x^2}} \exp\{-2(x^2 + y^2)\} dy$$

【0042】

ここで、 x y 座標は図3 (a) のようにレーザー開口AP面上の座標である。 x 方向を線状像の長手方向、 y 方向を線状像の線幅方向としている。上記式から明らかなように、図3 (b) の線状像上の位置 $x=0$ での光の強度は、図3 (a) のビーム開口AP上の位置 $x=0$ を通り y 軸に平行な直線LLに沿って、開口APの範囲内の照度分布を積分したものと等しい。なお、ビーム径 ϕ は、通常の場合と同様に光の強度分布が中心の e^2 乗分の1になるまでの範囲としている。図3 (b) から明らかなように、線状像の強度分布は、線状像中心 ($x=0$) が最も高く、周辺部へ行くに従って強度が低下する。そして、最周辺部では照度は0 (ゼロ) になる。

【0043】

次に、図3 (b) の照度分布を台形型プリズムで3分割したのち線状に集光したときの光の照度分布について考える。このときの照度分布は、線状に集光されたビームを3分割し、その後さらに重ね合わせた場合の照度分布と考えることができる。そのため、3分割された各ビームの照度分布は、図3 (b) に示す照度分布を3分割したものと等価である。ここで、3分割されたビームを、第1ビームL1、第2ビームL2、第3ビームL3とそれぞれする (図1 (a) 参照)。これら分割された各ビームの照度分布を図3 (c) に示す。そして、中間像面I1では各ビームL1, L2, L3が図3 (d) に示すように重なり合う。この結果、最終的な照度分布は図3 (e) に示すような形状となる。図3 (e) から明

らかなように、重ね合わされた後の線状像の照度分布の均一性は非常に高くなっている。図 3 (b) と図 3 (e) とを比較すれば重ね合わせの効果が極めて大きいことがわかる。例えば、図 3 (e) の中心部 ($x = 0$) の照度を 100% とすると、最周辺部での照度は約 90% 程度である。

【0044】

また、上述のように中間像面 I 1 上に形成された線状像は、原ビームをそのままの状態で分割せずに線状像に集光した場合に比べて非常に照度均一性が高い。しかし、かかる高い照度均一性を有する線状像でも、実際のレーザー処理装置に要求される仕様を満足していない場合がある。この場合は、拡大光学系 5 の諸収差を制御することで、線状像の中心部の照度を減らし、周辺部の照度をさらに上げることができる。例えば、拡大光学系 5 の歪曲収差を負の値にすることにより上記制御ができる。これによれば、照度均一性を数%まで高めることができる。

【0045】

さらに、被照射面 I 2 での照度の均一性の障害となるレンズや鏡筒などでの不要な反射で生じるフレアーや、分割プリズム開口で生じるフレアーを除くために中間像面 I 1 に絞り (不図示) を設けることが望ましい。

【0046】

次に、本照明光学系の結像性能について説明する。従来技術でも述べたように、細い線状像を形成するためには、高い結像性能が要求され、光学系の諸収差は良好に補正されている必要がある。このような観点から見ると、本実施形態では、中間像面 I 1 で線状に一度集光し、さらに、これを拡大光学系 5 で再度結像している。この光学系の収差の主な発生源は、中間像面 I 1 に光を集光するシリンドリカルレンズ 4 と、その線状像を再び被照射面 I 2 に結像する拡大光学系 5 であることが分かる。そこで、この両者の収差補正について考える。まず、後者の拡大光学系 5 については、通常の投影光学系であり、光軸 AX に対称な球面レンズから構成される。そのため収差を補正するには、通常の補正手順と同様に行えば良いので高度な収差補正が達成できる。

【0047】

また、上述したように、拡大光学系 5 の歪曲収差を制御することにより、被照

射面 I 2 での線状像の照度均一性を補正している。この歪曲収差の制御は、球面収差などの結像に関する収差に比べると容易である。従って、これが収差補正（球面収差などの結像に影響するもの）を困難にする要因にはならない。さらに加工の観点からも、拡大光学系 5 は光軸 A X に対称な光学系なので、従来の加工技術を用いれば十分な仕様の光学系が得られる。

【0048】

次に、図 1 (a), (b) に戻ってシリンダリカルレンズ 4 の収差について説明する。シリンダリカルレンズ 4 は、台形型プリズム 3 で 3 分割された平行光束を単に線状に集光している。このため、収差の補正が困難であることはない。

【0049】

シリンダリカルレンズ 4 へは入射角が異なる 3 つ光束 L 1, L 2, L 3 が入射するので、ここで発生する収差も当然入射角に依存する。なお、光軸 A X と平行でない方向に進む 2 つの光線 L 1, L 3 の方向は、互いに光軸 A X に対して対称である。従って、光軸 A X 方向へ進行する光束 L 2 と、もう一つの方角へ進行する光束 L 1 (又は L 3) との 2 つの光束を考えれば良い。

【0050】

これらの入射角に依存する収差は、軸対称光学系でいうところのコマ収差とサジタル像面の湾曲などと同じものである。このため、軸対称な光学系からの類推から容易に入射角に依存する収差を補正する事ができる。また、光学系の寸法が多少大きくなる事が許容される場合は、分割プリズム 3 から射出する周辺部の 2 つの光束 L 1, L 3 の角度を小さくしてやれば、シリンダリカルレンズ 4 で発生する入射角に依存する収差をより小さくできる。

【0051】

以上のように本実施形態では、収差の主な発生源と考えられるシリンダリカルレンズ 4 と拡大光学系 5 とにおいて容易に収差補正することができるので、系全体として高い結像性能が達成できる。

【0052】

さらに、本実施形態ではビームエクspанда 2 をプリズムから構成する事により、光学系全体の収差を減らしている。上述したように、シリンダリカルレンズ

4には、楕円ビームを入射させている。これにより、シリンドリカルレンズ4に入射するビームの集光方向（y方向）の明るさを暗くすると同時に、線状像の長手方向（x方向）の光束径を長くしている。シリンドリカルレンズ4の集光方向（y方向）の明るさを大きくすると、収差がより大きく発生してしまうので好ましくない。一方、線状像の長手方向のビーム径を小さくすると、中間像面I1に形成される線状像の長さが小さくなる。このため、被照射面I2で要求される長さの線状像を形成するために、拡大光学系5の倍率を大きくしなければならない。よって、拡大光学系5での収差が大きくなってしまうので好ましくない。

【0053】

本実施形態のように、原ビームを楕円ビームへ拡大・変換する事は、収差を発生させないためには望ましい。一般には、円形断面の原ビームを楕円ビームに拡大・変換する場合にシリンドリカルレンズを用いる。しかし、シリンドリカルレンズは、上述したように製造コストが高く、高精度な加工も困難である。そこで本実施形態では、プリズム素子を用いる事により、収差を発生せずに、円形断面の原ビームを楕円ビームへ拡大・変換している。

【0054】

図4は、ビームエキスパンダ2の構成を示す図である。ビームエキスパンダ2は、3つの直角プリズム8、9、10とを組合わせて構成される。レーザー光源1からの原ビームは、プリズム8の面PR1へ斜入射し、面PR2から略垂直に射出する。プリズム8の面PR2から略垂直に射出した光は、プリズム9の面PR3に斜入射し、面PR4から略垂直に射出する。プリズム9の面PR4から射出した光は、プリズム10の面PR5に斜入射し、面PR6から略垂直に射出する。かかる構成により、図5（a）に示すような円形の断面形状を有する原ビームは、図5（b）に示すような楕円の断面形状を有する光へ拡大・変換される。

【0055】

また、本実施形態では、シリンドリカルレンズ4を光軸AXに沿って移動する第1移動機構部MV1を有することが望ましい。これにより、レンズ3の位置を変えることで、デフォーカスさせて線状像の線幅を変えることができるという効果を奏する。

【0056】

また、本実施形態では、ガラス基板Gを移動する走査移動部6を備える。これにより、被照射面（被処理面）I2上の線状ビームと被照射面I2とを相対的に移動することができる。よって、ガラス基板G上の大きい面積の被処理面を高速にアニール処理することができるという効果を奏する。

（第2実施形態）

図2（a）、（b）は、第2実施形態にかかるレーザー処理装置の概略構成を示す図である。拡大光学系5と被照射面I2との間に、y方向に正（凸）パワーを持つシリンドリカルレンズ7が新たに付加されている。その他の構成は上記第1実施形態と同様であるので同一部分には同様の符号を用い、重複する説明は省略する。このような配置のため、線状像の線幅方向の結像関係は上記第1実施形態と異なり、中間像面I1と被照射面I2とは共役でなくなる。そのため、被照射面I2上にビームを線状に集光するためシリンドリカルレンズ4を光軸AX方向に移動し、その焦点位置を中間像面I1から、図2（b）中の面I12に移動している。ここで、面I12の位置は線幅方向（y方向）で見ると被照射面I2と共役な位置である。この構成により、シリンドリカルレンズ4と拡大光学系5とが形成した線状像は、線幅方向だけシリンドリカルレンズ7により縮小されている。この結果、収差も縮小され、より細い線状像を被照射面I2に形成することができる。

【0057】

また、上記構成はレーザー光の波面の乱れや、射出方向の乱れなどに対しても非常に有効である。一般にレーザー光源からは平行光が一定の方向に射出されると考えられる。しかし、実際はレーザー光源からの光は完全な平行光ではない。さらに、発振される方向にも時間的なばらつきがある。そして、これらのため被照射面I2では、線状像の幅が広くなること、又は全体像の位置が被照射面I2上で動くことが生ずる。これらの被照射面I2での収差に相当する量は、レーザー光源の開口APから被照射面I2までの線状像の線幅方向の光学系の焦点距離を f 、レーザー光源1からの原ビームの波面のスロープエラーを θ とそれぞれすると、 $f \times \theta$ となる。また、ビーム射出方向のばらつきを θ とした場合も、その

収差量は $f \times \theta$ となる。このように、ともに焦点距離 f に比例する。このため、線幅方向（ y 方向）の焦点距離は短いほうが望ましい。

【0058】

上記第1実施形態の構成の場合に、焦点距離を短くするために拡大光学系5の光学パラメータを変更すると線状像の長さも同時に変わってしまう。このため、シリンドリカルレンズ4の焦点距離や位置を変化させる事により、全系の焦点距離を短くさせることになる。シリンドリカルレンズ4の焦点距離を短くする場合は、このシリンドリカルレンズ4の開口数（ NA ）が大きくなり、また同時に拡大光学系5に入射する光の開口数（ NA ）も大きくなる。これは大きな収差の発生の原因になる。そこで、本実施形態では、拡大光学系5の被照射面I2側に他のシリンドリカルレンズ7を追加し、線状像の線幅方向（ y 方向）の焦点距離を短くしている。この構成により、さらに優れた結像性能を持つ光学系を提供することができる。

また、本実施形態では、シリンドリカルレンズ4を光軸AXに沿って移動する第1移動機構部MV1に加えて、シリンドリカルレンズ7を光軸AXに沿って移動する第2移動機構部MV2を有することが望ましい。これにより、各レンズ4、7の位置を変えることで、デフォーカスさせて線状像の線幅を変えることができるという効果を奏する。なお、何れか一つのレンズを移動させても良いことはいうまでもない。

【0059】

【発明の効果】

以上説明したように、本発明によれば、優れた結像性能を有し、照度均一性が良く、細い線幅の大きなアスペクト比の線状ビームを照射できる照明光学系を提供できる。また、本発明によれば、低コストで、製造容易、大面積を高速に処理できるレーザー処理装置を提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

(a)、(b)は第1実施形態にかかるレーザー処理装置の概略構成を示す図である。

【図 2】

(a), (b) は第 2 実施形態にかかるレーザー処理装置の概略構成を示す図である。

【図 3】

(a) ~ (e) は重ね合わせの効果を説明する図である。

【図 4】

ビームエクスパンダの構成を示す図である。

【図 5】

(a), (b) はビームの断面形状変換を説明する図である。

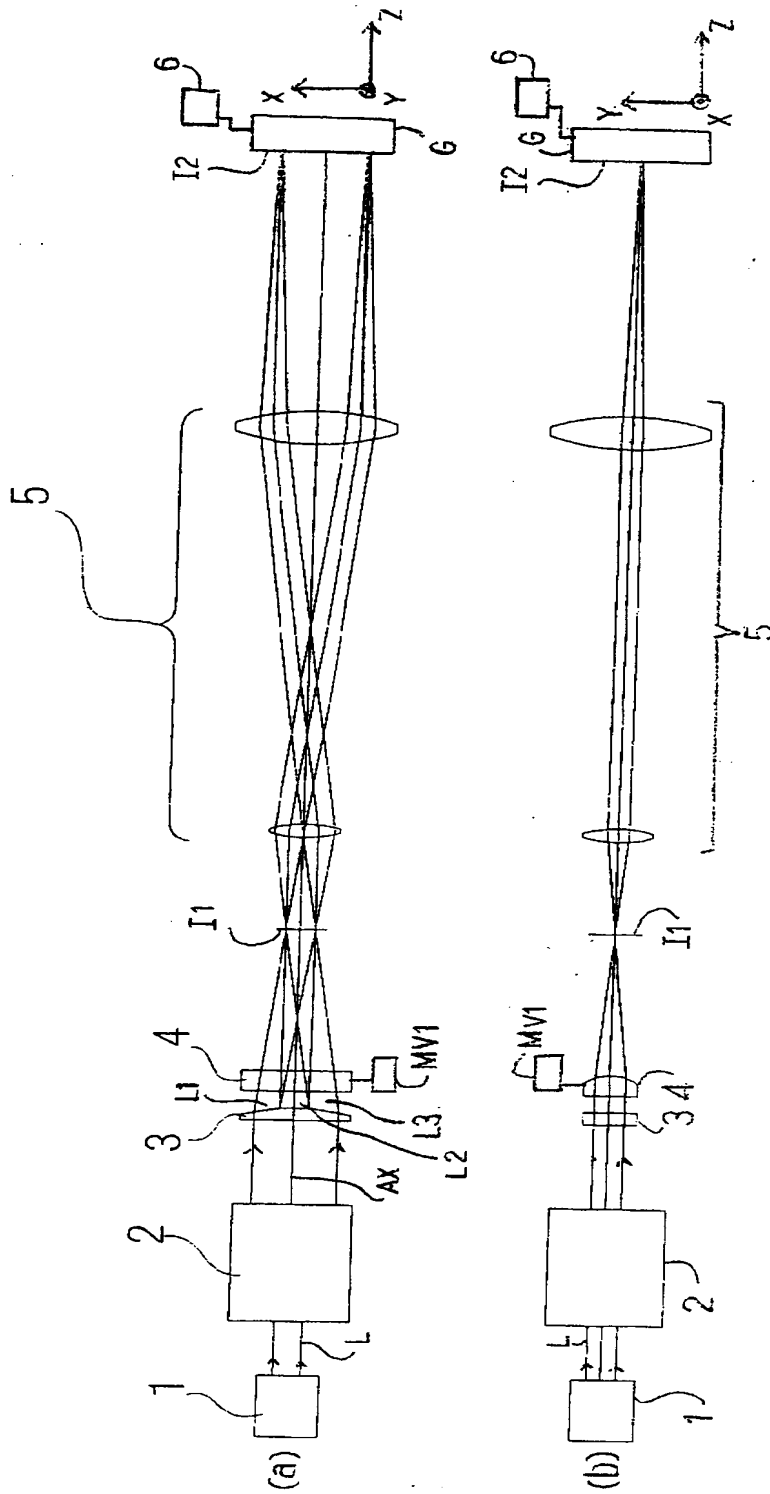
【符号の説明】

- 1 … レーザー光源
- 2 … ビームエクスパンダー
- 3 … 台形型プリズム
- 4 … シリンドリカルレンズ
- 5 … 拡大光学系
- 6 … 走査移動部
- 7 … シリンドリカルレンズ
- I 1、I 2 … 像面
- G … ガラス基板
- A X … 光軸
- A P … レーザー開口部
- M V 1, M V 2 … 第 1、第 2 移動部

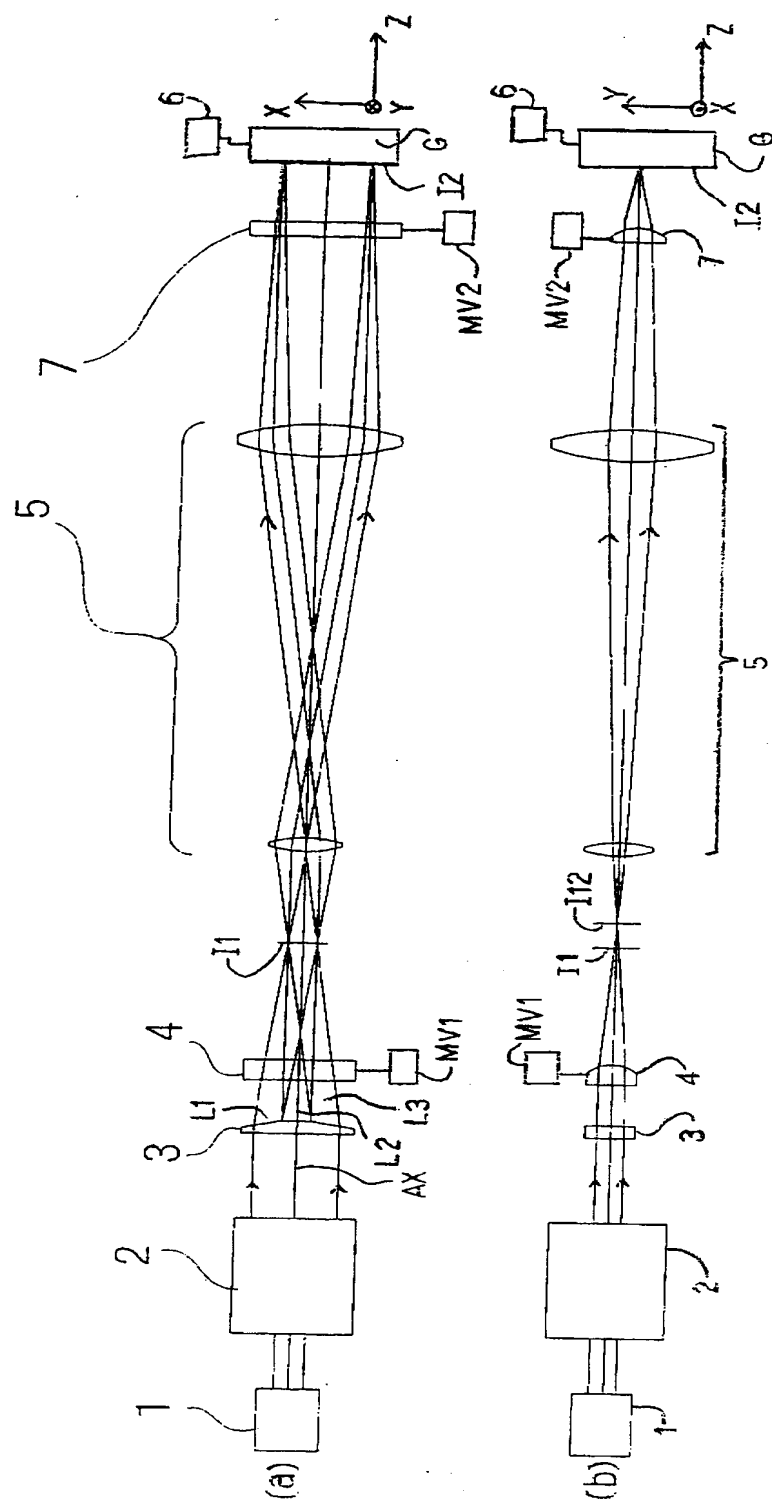
【書類名】

図面

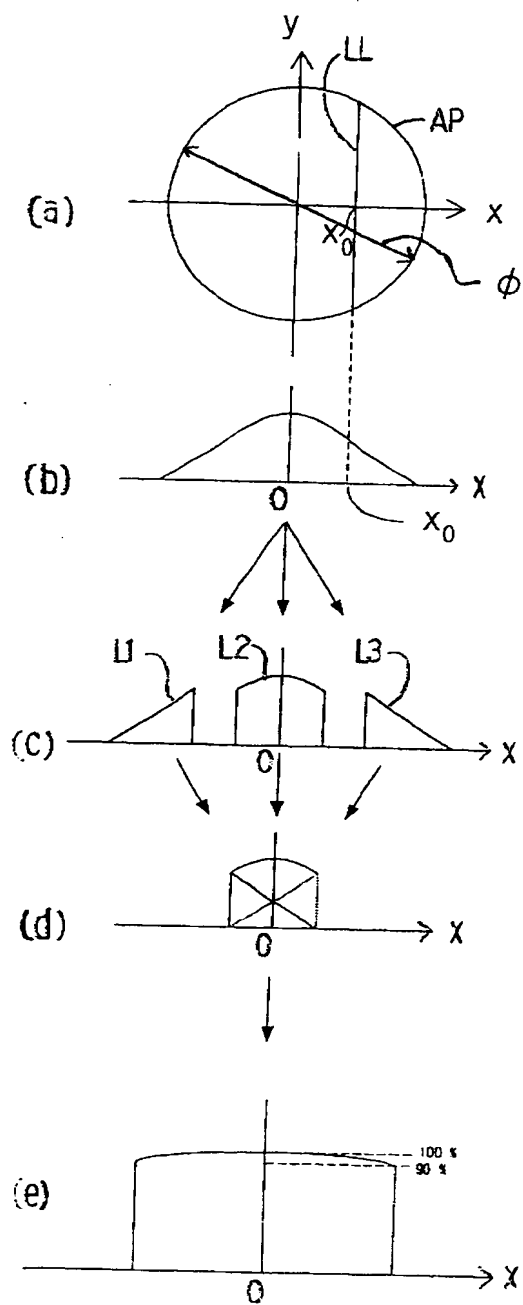
【図 1】



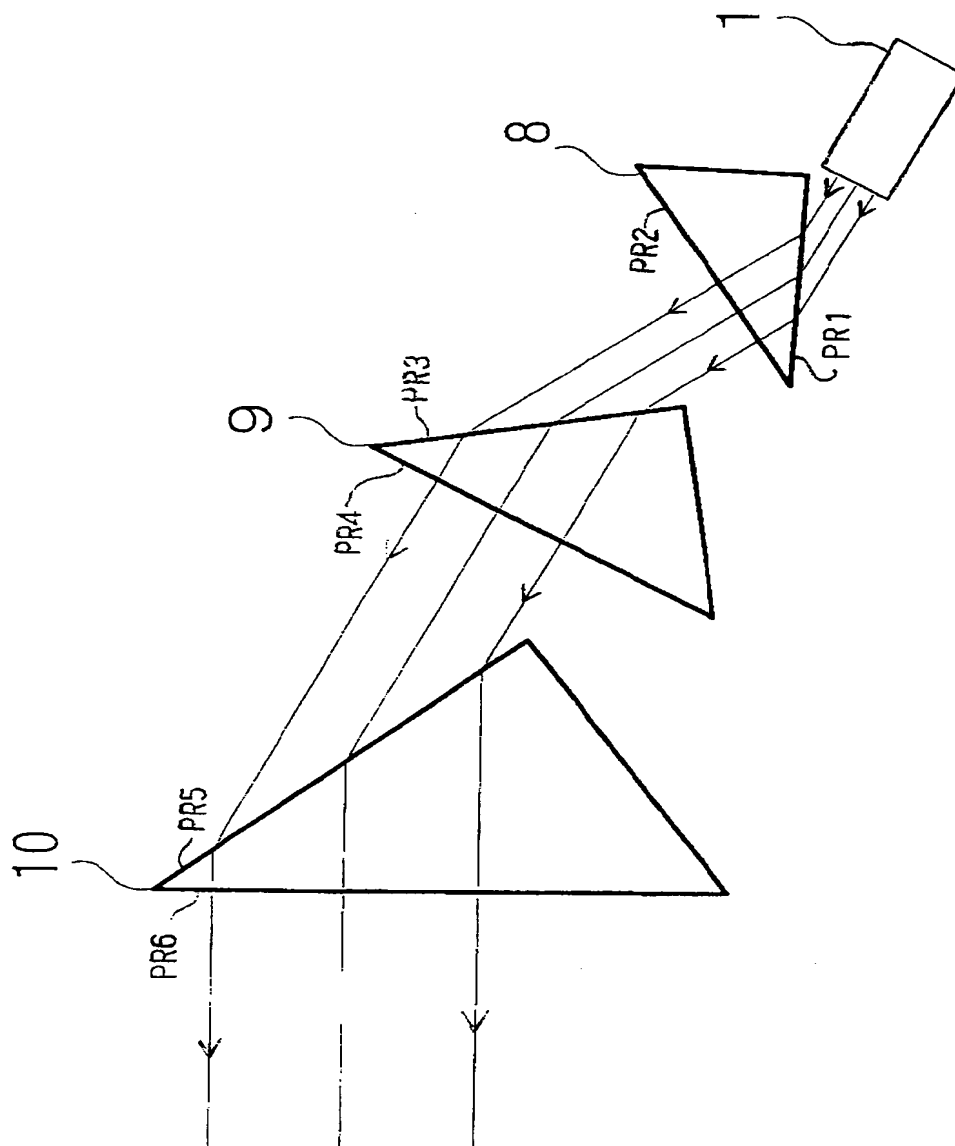
【図2】



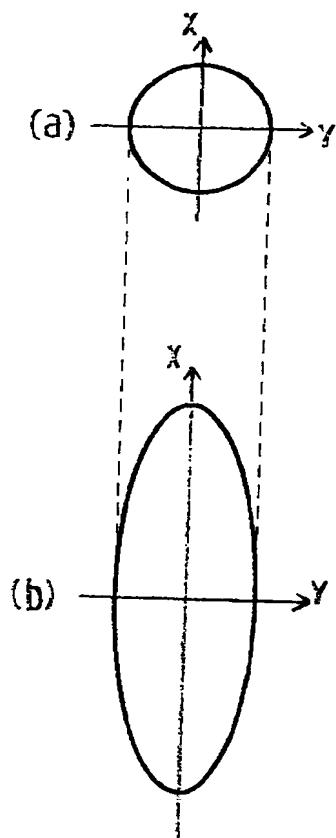
【図3】



【図4】



【図 5】



【書類名】要約書

【要約】

【課題】優れた結像性能を有し、照度均一性が良く、細い線幅の大きなアスペクト比の線状ビームを照射できる照明光学系等を提供すること。

【解決手段】レーザー光源 1 からの照射ビームを、第 1 の方向（x 方向）に対して複数の照射ビームに分割し、所定面 I 1 上で重ね合わせるプリズム部材 3 と、少なくとも前記第 1 の方向（x 方向）に略直交する第 2 の方向（y 方向）に屈折力を有し、前記分割された複数の照射ビームを前記第 1 の方向（x 方向）に長手方向を有する線状ビームに結像する線状ビーム形成レンズ系 4 と、前記線状ビームを前記第 1 の方向（x 方向）に拡大して被処理面 I 2 上に照射する拡大光学系 5 とを有する。

【選択図】図 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0000000099]

1. 変更年月日 1990年 8月 7日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都千代田区大手町2丁目2番1号
氏 名 石川島播磨重工業株式会社

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都千代田区丸の内3丁目2番3号
氏 名	株式会社ニコン